

PHÂN TÍCH LÚN VÀ CÁC ĐIỀU KIỆN ỔN ĐỊNH CỦA TUYẾN ĐƯỜNG VEN ĐÊ SÔNG - ỨNG DỤNG TÍNH TOÁN CHO TUYẾN ĐƯỜNG TẠI CƠ ĐÊ TẢ SÔNG CẨM THÀNH PHỐ HẢI PHÒNG

Nguyễn Lan Hương, Nguyễn Quang Hùng

Trường Đại học Thủy lợi

Vũ Thị Thảo

CH 32C21- Trường Đại học Thủy lợi

Nguyễn Kiên Quyết

Trường Đại học Công nghệ Giao thông Vận tải

Tóm tắt: Nghiên cứu giới thiệu hiện trạng các dự án xây dựng tuyến đường giao thông kết hợp với hệ thống đê sông để phát triển hạ tầng thủy lợi - giao thông bền vững, tuy nhiên khi kết hợp các tuyến đường giao thông trên đỉnh đê hoặc cơ đê thì nhiều hệ thống đê đã xảy ra các sự cố hư hỏng như lún, nứt mặt đê, trượt và sạt mái đê trong đó sự cố chiếm tỷ lệ lớn là lún và nứt. Bài báo đã xây dựng bài toán tính lún cố kết, kiểm tra ổn định tuyến đường giao thông và công trình phụ trợ tại cơ của đê sông. Ứng dụng mô hình bài toán, kết hợp với các số liệu thu thập được từ tuyến đường ven đê tả sông Cẩm đoạn đi qua tỉnh Hải Phòng, nghiên cứu đã kiểm tra ổn định tường chắn đất tiếp giáp đường tại một đoạn tường đại diện, kiểm tra mức an toàn của nền đắp (ổn định trượt taluy và lún trôi nền đường) và tính mức lún cố kết nền đường tại các mặt cắt đại diện cho 6.63km đường đê, từ đó đề xuất giải pháp dùng bấc thấm đứng kết hợp rải vải địa kỹ thuật gia cường để đảm bảo an toàn trên toàn tuyến đường ven đê.

Từ khóa: Chiều cao phòng lún, lún cố kết, xử lý nền đất yếu, lún trôi nền đắp, đường ven đê

Summary: This study presents the current status of road construction projects combined with river dike systems for the sustainable development of irrigation and transportation infrastructure. However, when roads are integrated on the dike crest or base, many dike systems have experienced damage such as subsidence, surface cracking, sliding, and slope erosion, with subsidence and cracking being the most common incidents. The paper develops a calculation of consolidation settlement and checks the stability of the road and auxiliary structures at the base of the river dike. Applying a problem-solving model, combined with data collected from the left bank embankment road section of the Cam river passing through Hai Phong province, the study checked the stability of the retaining wall adjacent to the road at a representative section, checked the safety level of the embankment (slope sliding stability and roadbed settlement), and calculated the consolidation settlement level of the roadbed at representative cross-sections for 6.63km of the embankment road. Based on this, the solution was proposed using vertical drainage wicks combined with geotextile reinforcement to ensure safety along the entire embankment road.

Keywords: Settlement room height, consolidation settlement, weak soil treatment, embankment settlement and heave, riverside roads.

1. ĐẶT VẤN ĐỀ

Phát triển các tuyến đường giao thông trên hệ thống đê sẽ thuận lợi cho công tác phòng

chống lụt bão, cứu hộ đê và giao thương giữa các vùng. Hiện nay, xu hướng phát triển hạ tầng thủy lợi - giao thông bền vững đang được nhiều dự án hướng tới, có thể kể tới: Dự án nâng cấp 16,611km mặt đê sông Hồng năm 2024, với việc cải tạo mở rộng đường giao thông từ 6m thành 9m, tuyến đường đê kết hợp giao thông đi qua 6 xã, thị trấn của huyện Phú

Ngày nhận bài: 26/12/2025

Ngày thông qua phản biện: 13/01/2026

Ngày duyệt đăng: 10/02/2026

Xuyên (cũ) với nhiệm vụ đảm an toàn đề điều, phục vụ công tác phòng, chống thiên tai, kết nối đồng bộ các tuyến đường trong khu vực, tạo mạng lưới giao thông thuận lợi thúc đẩy phát triển kinh tế xã hội trên địa bàn huyện: Dự án dự án nâng cấp tuyến đề tả, hữu sông Trà Lý năm 2025, tuyến đề kết hợp đường giao thông này không chỉ bảo đảm an toàn phòng chống lụt bão mà còn hình thành tuyến giao thông ven sông, phục vụ hiệu quả công tác kiểm tra, cứu hộ, cứu nạn, góp phần thúc đẩy phát triển kinh tế xã hội, tạo điểm nhấn kiến trúc trong không gian đô thị và nông thôn của tỉnh Hưng Yên [1].

Khi kết hợp các tuyến đường giao thông trên đê hoặc cơ đê thì nhiều hệ thống đê đã xảy ra các sự cố hư hỏng như lún, nứt mặt đê, trượt và sạt mái đê. Các số liệu thống kê tại 19 tỉnh có đê kết hợp làm đường giao thông cho thấy tốc độ hư hỏng do lún nứt mặt đê diễn ra rất nhanh kể từ sau năm 2010 đến nay và hiện tượng này chiếm đến 18,6 % chỉ đứng sau nguyên nhân thấm và sạt mái [2]. Năm 2016, do địa chất nền đề yếu, nền đường không đủ độ chặt, rung động lớn khi xe cộ lưu thông đặc biệt là xe quá tải dẫn đến sự cố lún nứt mặt đê Tả Hồng đoạn Km 81+700 - Km 82+050 tỉnh Hưng Yên [2]. Năm 2024, do ảnh hưởng của cơn bão số 3 với các trận mưa lớn kéo dài, hiện trạng mặt cắt đê chưa hoàn chỉnh, mái đê dốc, chênh cao giữa mặt đê và chân đê lớn, chân đê vẫn còn nhiều hố và ao đã làm cho tuyến đề tả Đáy địa bàn quận Hà Đông được kết hợp làm đường giao thông đã bị lún sụt nghiêm trọng tại 3 vị trí (K21+380 - K21+400, từ K21+170 - K21+210 và từ K22+300 - K22+335) có nguy cơ mất an toàn giao thông [1]. Năm 2025, tuyến đề Hữu Cầu đoạn từ K25+630 - K25+680 và đề hữu Hồng đoạn từ K33+200-K33+800 đã bị lún và nứt mặt đê, đây là 2 tuyến đề kết hợp làm đường giao thông nên nên có lưu lượng giao thông lớn, phương tiện đi lại nhiều, tuyến đề nhiều năm chưa được đầu tư, nâng cấp tải trọng phù hợp với thực tế, kết hợp với các trận mưa làm đất bị bão hòa, giảm khả năng kháng cắt của đất dẫn đến sự cố [1].

Như vậy cần thiết phải có các giải pháp đảm bảo an toàn cho tuyến đề kết hợp làm đường giao thông như gia cố nền, sửa chữa bằng vật liệu chuyên dụng và quản lý tải trọng phương tiện. Đã có nhiều giải pháp xử lý nền đất yếu được ứng dụng để xây dựng đường giao thông ven đề sông và thường lựa chọn theo nguyên tắc ưu tiên các giải pháp theo thứ tự: đắp từng lớp chờ cố kết, bắc thấm, giếng cát, bệ phản áp, thay nền đất yếu và giải pháp tham khảo trong những trường hợp đặc biệt. Nghiên cứu xây dựng bài toán tính lún và kiểm tra ổn định tuyến đường giao thông trên cơ đê làm cơ sở đánh giá an toàn về mức lún, ổn định nền đường và công trình phụ trợ cho tuyến đường giao thông ven đề tả sông Cẩm và kiến nghị các giải pháp xử lý nền phù hợp với hiện trạng xây dựng.

2. NGHIÊN CỨU VỀ LÚN CỐ KẾT VÀ KIỂM TRA ỔN ĐỊNH TUYẾN ĐƯỜNG GIAO THÔNG TẠI CƠ CỦA ĐÊ SÔNG

Bài toán: Tính toán lún và kiểm tra ổn định tuyến đường ven đề sông có chiều cao H_{tk} trên nền đất yếu chiều dày H_n khi biết: các thông số kỹ thuật, các chỉ tiêu cơ lý của đất đắp, nền đắp và chịu ảnh hưởng của các công trình phụ trợ trên đê.

2.1 Chiều cao phòng lún của tuyến đường H_r và độ lún cố kết S_c

(1) Giả thiết các giá trị chiều cao nền đắp có kể đến phòng lún: $H_1, H_2, \dots, H_R$ ($H_1, H_2, \dots, H_R \geq H$).

(2) Tính độ lún cố kết của nền đắp (S_c) theo phương pháp phân tầng [3].

$$S_c = \sum_{i=1}^n \frac{h_i}{1+e_{oi}} \left(C_r \cdot \log \frac{\sigma_{pz}^i}{\sigma_{vz}^i} + C_c \cdot \log \frac{\sigma_z^i + \sigma_{vz}^i}{\sigma_{pz}^i} \right) \quad (1)$$

- h_i, e_{oi}, C_c, C_r lần lượt là chiều dày lớp đất tính lún thứ i (có n lớp đất nền), độ rỗng ban đầu, chỉ số nén lún của lớp đất i và chỉ số nở của lớp đất i ; σ_{pz}^i : áp lực tiền cố kết lớp đất thứ i ;

- σ_{vz}^i : là ứng suất nén trung bình có hiệu thẳng đứng (tính tại trung tâm của mỗi lớp đất nền);

+ Tại lớp đất nền thứ n , từ trên xuống:

$$\sigma_{vz}^n = \frac{h_n}{2} \cdot (\gamma_{satn} - \gamma_n) + \sum_{i=1}^{n-1} h_i \cdot (\gamma_{sati} - \gamma_n) \quad (2)$$

Trong đó: h_n là chiều dày lớp đất nền thứ n ;
 γ_{satn} : dung trọng bão hoà của lớp đất nền thứ n ;
 γ_n : dung trọng của nước.

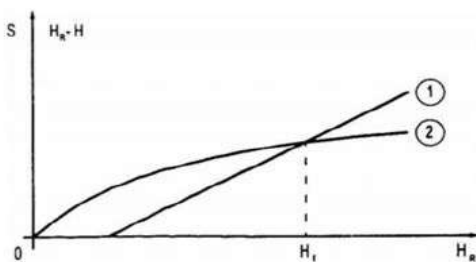
- σ_z^i : áp lực thẳng đứng (ứng suất nén) do tải trọng ngoài gây ra ở trung tâm của các lớp đất yếu:

$$\sigma_z^i = I_i \cdot \gamma_{sati} \cdot H_R \quad (3)$$

Trong đó: I_i là hệ số ảnh hưởng đến ứng suất ở giữa mỗi lớp đất nền (chiều sâu h_i) được xác định theo toán đồ Osterberg ứng với tỷ số a/h_i , b/h_i của mỗi lớp (b : nửa chiều rộng đỉnh nền đắp; b : chiều rộng mái taluy).

(3) Vẽ trên cùng một biểu đồ:

- Đường cong $S = f(H_R)$ (đường 2);
- Đường thẳng biểu thị sự thay đổi của hiệu số $(H_R - H_f)$ theo H_R (đường 1)
- Giao điểm của 2 đường này hạ xuống trục hoành là giá trị H_f chiều cao phòng lún để cho lúc kết thúc lún cao độ của đỉnh nền đắp bằng cao độ thiết kế [4].



Hình 1: Sơ đồ xác định chiều cao phòng lún của nền đắp [4]

(4) Tính độ lún cố kết S_c ứng với chiều cao phòng lún H_f vừa tìm được, các tính toán như

trong bước (2).

(5) Kiểm tra mức lún của nền đắp theo độ lún cố kết cho phép còn lại $[S_c]$

- Nếu $S_c \leq [S_c]$, có thể đắp trực tiếp trên nền đất yếu;
- Nếu $S_c > [S_c]$, cần có giải pháp xử lý nền đất yếu để giảm độ lún dư còn lại.

Trong cả hai trường hợp đều phải kiểm tra ổn định tuyến đường ven đê (mục 2.2) để lựa chọn kế hoạch xây dựng và giải pháp xử lý nền.

2.2. Kiểm tra ổn định tuyến đường ven đê sông

Đường giao thông được xây dựng ven đê sông (trên cơ đê), ngoài việc đảm bảo ổn định nền đắp (lún trôi nền đường, trượt mái taluy nền đường), tuyến đê sông và công trình trên đê (giáp tuyến đường) cũng phải ổn định để không ảnh hưởng đến an toàn của tuyến đường.

2.2.1 Ổn định lún trôi nền đắp $q_{\max} = N_c \cdot C_u$

(4); Trong đó: N_c : hệ số chịu tải phụ thuộc vào tỷ số B/H_n ; B là chiều rộng trung bình của trục ngang khối đất đắp; H_n là chiều dày của lớp đất yếu (phương pháp Mandel và Salencon); C_u : lực dính đơn vị của đất nền.

- Móng hình băng với chiều rộng B (điểm giữa của hai taluy) chịu tải trọng của nền đắp, tải trọng tác dụng lên nền đắp: $q_n = \gamma_w \cdot H_f$ (5) [5]

Trong đó: H_f chiều cao của nền đắp (đã kể đến phòng lún); γ_w dung trọng tự nhiên của nền đắp.

- Hệ số an toàn lún trôi $F_{lt} = \frac{q_{\max}}{q_n} \geq [F]$ (6)

Trong đó: $[F]$: hệ số an toàn cho phép không xảy ra lún trôi [5].

Ổn định trượt sâu nền đắp theo phương pháp Bishop

$$K_{at} = \frac{\left(\sum_{i=1}^m (c.b_n + (W_n - u_n.b_n) \cdot \tan \varphi) \cdot \frac{1}{1 + \frac{\tan \alpha_n \cdot \tan \varphi}{K_{at}}} \cdot \cos \alpha_n \right)}{\left(\sum_{i=1}^m W_n \cdot \sin \alpha_n \right)} \geq [K_{at}] \quad (7)$$

Trong đó: $K_{at}, W_n, u_n, c, \varphi, \alpha_n, b_n$ là hệ số an toàn trượt sâu, trọng lượng thổ đất, áp lực nước lỗ rỗng, lực dính đơn vị, góc nội ma sát, góc theo phương ngang và phương cung trượt, bề rộng của thổ đất; $[K_{at}]$: hệ số an toàn cho phép của nền đắp.

2.2.3. Ổn định tường chắn đất thân đê

- Ổn định trượt phẳng: $K_t = \frac{f \cdot \sum G + C \cdot A}{\sum Q}$ (8);

Trong đó: $\sum G$ -tổng tất cả các lực theo phương vuông góc với mặt trượt; $\sum Q$ - tổng tất cả các lực theo phương song song với mặt trượt; A- diện tích mặt trượt; f, C- hệ số ma sát và lực dính đơn vị tại mặt trượt [6].

- Ổn định lật tại mép chân tường: $K_l = \frac{\sum M_{cl}}{\sum M_{gl}}$
(9); Trong đó: $\sum M_{cl}$: tổng mô men chống lật;
 $\sum M_{gl}$: tổng mô men gây lật [6].

3. ĐÁNH GIÁ AN TOÀN TUYẾN ĐƯỜNG VEN ĐÊ TẢ SÔNG CẨM VÀ KIẾN NGHỊ GIẢI PHÁP XỬ LÝ NỀN ĐƯỜNG

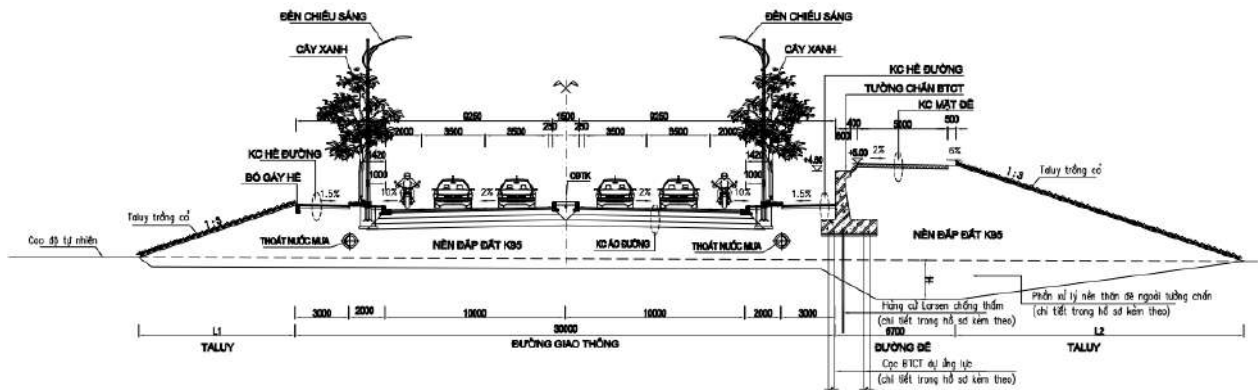
3.1. Quy mô tuyến đường thiết kế

Tuyến đường giao thông là cơ đê phía đông của tuyến đê tả sông Cẩm từ Km25+000 đến Km31+630 chạy qua huyện Thủy Nguyên (cũ) thành phố Hải Phòng, tuyến đê kết hợp làm đường dài 6.63km. Công trình có nhiệm vụ:

phòng chống bão lũ, tăng năng lực giao thông, tạo điều kiện khai thác, sử dụng quỹ đất ven sông phía ngoài đê hiện tại làm đường giao thông để phát triển đô thị và kinh tế xã hội. Theo tiêu chuẩn phân cấp của công trình thủy lợi và công trình giao thông: tuyến đê là công trình cấp III, tuyến đường (cơ đê) là công trình cấp II; các thông số kỹ thuật của tuyến đê và đường giao thông như sau [7]:

- Cao trình đỉnh đê +5,0m, rộng 5m, mái đê thượng lưu trồng cỏ chống xói với hệ số mái $m=3$; tường chắn trọng lực phía trong (tiếp giáp tuyến đường giao thông) bằng bê tông cốt thép M300, tường cao 3.5m (kể cả đáy móng) có cao trình đỉnh+4,6m, mái dốc từ đỉnh đê xuống đỉnh tường $m=1$, gia cố cấu kiện bê tông lực lạng rỗng trồng cỏ, gia cố nền đáy tường bằng cọc bê tông cốt thép dự ứng lực, chống thấm dưới đáy tường bằng hàng cừ thép.

- Cơ đê phía đông kết hợp làm đường giao thông có tốc độ thiết kế $V_{tk}=50$ km/h với 4 làn xe cơ giới và 2 làn xe thô sơ; cao độ trắc dọc toàn tuyến +2.6; mặt cắt ngang rộng 30m gồm hè đường 2×5 m, đan rãnh 2×0.3 m; dải an toàn giữa 2×0.25 m; làn xe thô sơ 2×1.7 m; mặt đường $2 \times (2 \times 3.5)$ m và dải phân cách giữa 1.5m; kết cấu mặt đường bằng bê tông nhựa đường có móng gia cố cấp phối đá dăm; mái hạ lưu $m=3$, trồng cỏ chống xói; bố trí hệ thống thoát nước, điện chiếu sáng, cây xanh, biển báo giao thông trên tuyến.

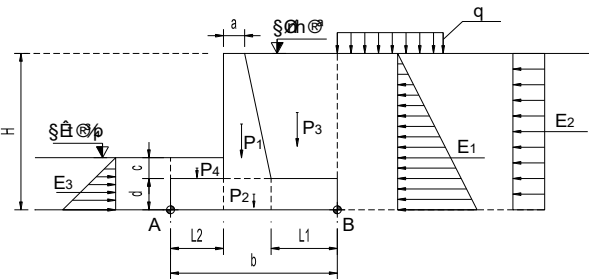


Hình 2: Một phương án thiết kế mặt cắt ngang đường đê giao thông kết hợp [7]

3.2. Kiểm tra ổn định và tính lún cho đỉnh đê. tuyến đường

3.2.1. Kiểm tra ổn định tường chắn đất ven đường giao thông

Tính ổn định trượt phẳng tại móng tường và lật quanh mép chân tường phía đường giao thông cho tường chắn đất bằng BTCL, các tính toán với bài toán phẳng có các thông số kỹ thuật gồm $H=3.5\text{m}$; $b=3.4$; $a=0.8\text{m}$; $d=0.8\text{m}$; $L_1=0.8\text{m}$; $L_2=1.5\text{m}$; $c=0.8$, dung trọng bê tông $\gamma = 2.4(\text{T}/\text{m}^3)$ [7]. Sơ đồ ngoại lực như hình 3, các tính toán ổn định tường trong giai đoạn thi công có xe máy chạy trên



Hình 3: Tường chắn đất tiếp giáp tuyến đường giao thông

Bảng 1: Kết quả tính ổn định tường chắn đất ven đường giao thông

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Thông số	Ký hiệu	Giá trị
Trọng lượng thân tường	$P_1 = F_1 \cdot \gamma_{bt} \text{ (T)}$	5.832	Cánh tay đòn từ các lực P_1, P_2, P_3, P_4 đến điểm A theo phương ngang	$x_1(\text{m})$	1.2
Trọng lượng bản đáy tường	$P_2 = F_2 \cdot \gamma_{bt} \text{ (T)}$	6.528		$x_2(\text{m})$	1.7
Trọng lượng khối đất sau lưng tường	$P_3 = F_3 \cdot \gamma_d \text{ (T)}$	10.692		$x_3(\text{m})$	2.5
Trọng lượng khối đất trước tường	$P_4 = F_4 \cdot \gamma_d \text{ (T)}$	1.536		$x_4(\text{m})$	0.4
Áp lực đất chủ động ở lưng tường	$E_1 = \frac{1}{2} tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_d}{2} \right) \cdot H^2 \cdot \gamma_d \text{ (T)}$	3.78	Cánh tay đòn từ các lực E_1, E_2, E_3 đến đáy móng theo phương đứng	$y_1(\text{m})$	1.17
Áp lực đất do xe thi công	$E_2 = H \cdot q \cdot K = H \cdot q \cdot tg^2 \left(45^\circ - \frac{\varphi_d}{2} \right) \text{ (T)}$	5.05		$y_2(\text{m})$	1.75
Áp lực đất bị động trước chân tường	$E_3 = \frac{1}{2} tg^2 \left(45^\circ + \frac{\varphi_d}{2} \right) \cdot (c+d)^2 \cdot \gamma_d \text{ (T)}$	4.44		$y_3(\text{m})$	0.53
Diện tích thân tường	$F_1(\text{m}^2)$	2.43	Diện tích khối đất lưng tường	$F_3(\text{m}^2)$	4.46
Diện tích bản đáy tường	$F_2(\text{m}^2)$	2.72	Diện tích khối đất phía	$F_4(\text{m}^2)$	0.64

Thông số	Ký hiệu	Giá trị	Thông số	Ký hiệu	Giá trị
			đường giao thông		
Diện tích mặt trượt	$F_t (m^2)$	3.4	Lực dính trên mặt trượt	$F_t.C (T)$	7.24
Hệ số an toàn chống trượt	K_{tr}	4.43			
Hệ số an toàn chống lật	K_l	3.61			

Tường chắn đất là công trình cấp III có $K_{tr} = 4.43 > [K_{tr}] = 1.09$ và $K_l = 3.61 > [K_l] = 1.09$. Với các số liệu thu thập được và so sánh với các tính toán trong bảng 1, thấy rằng tường chắn đất làm việc an toàn không bị trượt và không bị lật, không ảnh hưởng đến an toàn tuyến đường giao thông.

3.2.2. Tính toán lún và ổn định nền đường

Căn cứ vào điều kiện: địa hình, địa chất, các dạng mặt cắt điển hình của đường giao thông kết hợp, chia tuyến đường ven đê tả sông Cấm dài 6630m thành 11 đoạn và có 11 mặt cắt đại diện, mỗi đoạn có: bề rộng nền đường $B = 30m$, chiều cao nền đường thiết kế (H_{tk}), hệ số mái taluy $m = 3$; chiều sâu nền đất yếu gồm lớp 2 và lớp 3 (T_n) thay đổi từ 20m đến 30m. Các chỉ tiêu cơ lý tính toán ổn định taluy và nền đường, tính lún tuyến đường như bảng 2.

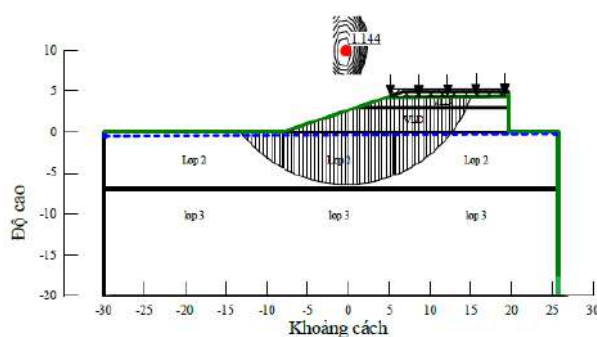
Bảng 2: Các chỉ tiêu cơ lý của các lớp đất nền đường và đất đắp đường [7]

TT	Chỉ tiêu	Ký hiệu	Lớp 2	Lớp 3	Đất đắp đường
1	Độ rỗng	e_o	1.406	1.144	0.33
2	Dung trọng tự nhiên	$\gamma_w (T/m^3)$	1.68	1.79	1.85
3	Lực dính đơn vị	$C (T/m^2)$	1.8	2.31	2.53

Bảng 3: Kết quả tính lún cổ kết tại tim đường giao thông của mặt cắt MC3

Lớp	Z (m)	Z' (m)	H_i (m)	a/z'	b/z'	I/2	I	$\gamma (T/m^3)$	$\sigma_{vz}^i (T/m^2)$	e_o	C_c	C_r	$\sigma_{pz}^i (T/m^2)$	$\sigma_z^i (T/m^2)$	S_c (m)
2	1	0.5	1	29.2	30	0.5	1	1.68	0.84	1.406	0.3	0.054	5.2	8.99	0.0523
2	2	1.5	1	9.72	10	0.5	1	0.68	2.02	1.406	0.3	0.054	5.2	8.99	0.0498
2	3	2.5	1	5.83	6	0.5	1	0.68	2.70	1.406	0.3	0.054	5.2	8.99	0.0503

4	Góc ma sát trong	ϕ (độ)	15°08'	15°7'0"	30
5	Hệ số cố kết	$C_v (10^{-4} cm^2/s)$	6.14	5.38	
6	Chỉ số nén cố kết	C_c	0.300	0.354	
7	Chỉ số nén lại	C_r	0.054	0.064	



Hình 4: Kiểm tra ổn định trượt taluy tại MC3 [7]

Với mỗi mặt cắt đại diện: tính độ lún cổ kết S_c tại tim đường và tìm được chiều cao phòng lún H_f , đường được đắp trực tiếp trên nền đất yếu theo 1 giai đoạn (đắp 1 lần đến H_f). Các kết quả tính độ lún cổ kết S_c tại vị trí tim đường cho mặt cắt MC3 như bảng 3, các tính toán tại 11 mặt cắt được tổng hợp trong bảng 4.

2	4	3.5	1	4.17	4.3	0.5	1	0.68	3.38	1.406	0.3	0.054	5.2	8.99	0.0511
2	5	4.5	1	3.24	3.3	0.5	1	0.68	4.06	1.406	0.3	0.054	5.2	8.99	0.0522
2	6	5.5	1	2.65	2.7	0.495	0.990	0.68	4.74	1.406	0.3	0.054	5.2	8.90	0.0531
2	7	6.5	1	2.24	2.3	0.495	0.990	0.68	5.42	1.406	0.3	0.054	5.42	8.90	0.0526
3	8	7.5	1	1.94	2	0.495	0.990	0.79	6.16	1.144	0.354	0.064	7.58	8.90	0.0519
3	9	8.5	1	1.72	1.8	0.495	0.990	0.79	3.23	1.144	0.354	0.064	7.58	8.90	0.0448
3	10	9.5	1	1.53	1.6	0.495	0.990	0.79	7.74	1.144	0.354	0.064	7.74	8.90	0.0549
3	11	10.5	1	1.39	1.4	0.490	0.980	0.79	8.53	1.144	0.354	0.064	8.53	8.81	0.0509
3	12	11.5	1	1.27	1.3	0.490	0.980	0.79	9.32	1.144	0.354	0.064	9.32	8.81	0.0477
3	13	12.5	1	1.17	1.2	0.490	0.980	0.79	10.11	1.144	0.354	0.064	10.11	8.81	0.0450
3	14	13.5	1	1.08	1.1	0.490	0.980	0.79	10.90	1.144	0.354	0.064	10.90	8.81	0.0425
3	15	14.5	1	1.01	1	0.490	0.980	0.79	11.69	1.144	0.354	0.064	11.69	8.81	0.0403
3	16	15.5	1	0.94	1	0.485	0.970	0.79	12.48	1.144	0.354	0.064	12.48	8.72	0.0380
3	17	16.5	1	0.88	0.9	0.485	0.970	0.79	13.27	1.144	0.354	0.064	13.27	8.72	0.0362
3	18	17.5	1	0.83	0.9	0.485	0.970	0.79	14.06	1.144	0.354	0.064	14.06	8.72	0.0346
3	19	18.5	1	0.79	0.8	0.485	0.970	0.79	14.85	1.144	0.354	0.064	14.85	8.72	0.0331
3	20	19.5	1	0.75	0.8	0.482	0.964	0.79	15.64	1.144	0.354	0.064	15.64	8.67	0.0316
															$S_c = 0.91m$

Bảng 4: Kết quả tính độ lún của tuyến đường khi chưa xử lý nền

Đoạn	Mặt cắt	T_2	T_3	H_{tk}	H_f	K_{at}	[K]	F_{lt}	[F]	S_c (m)	[S_c]
1	MC1	15.4	15.8	1.7	2.47	1.65	1.4	1.62	1.5	0.64	0.4
2	MC2	13.5	17.0	2.9	4.09	1.45	1.4	1.57	1.5	0.99	0.4
3	MC3	7.5	12.5	4.2	4.86	1.144	1.4	1.33	1.5	0.91	0.4
4	MC4	16.5	13.5	3.7	4.59	1.176	1.4	1.37	1.5	1.12	0.4
5	MC5	12.7	14.8	3.2	4.3	1.195	1.4	1.44	1.5	0.91	0.4
6	MC6	14.3	13.2	3.6	4.87	1.200	1.4	1.32	1.5	1.06	0.4
7	MC7	10.5	9.7	3.5	4.49	1.201	1.4	1.47	1.5	0.83	0.4
8	MC8	12.8	15.2	2.8	3.87	1.45	1.4	1.58	1.5	0.89	0.4
9	MC9	12.2	15.8	2.3	3.29	1.47	1.4	1.7	1.5	0.83	0.4
10	MC10	13.5	10.7	2.6	3.47	1.49	1.4	1.65	1.5	0.73	0.4
11	MC11	15.9	13.6	4.6	5.1	1.081	1.4	1.25	1.5	1.19	0.4

Theo TCCS41: 2022/TCĐBVN: Hệ số an toàn ổn định mái taluy khi đưa vào sử dụng là $K_{at} = 1.4$; Đường có tốc độ thiết kế ≤ 60 km/h nên đoạn nền đường thông thường có độ lún cố kết cho phép còn lại $S_c \leq 40$ cm. Hệ số an toàn lún trôi nền đường lấy theo kinh nghiệm: $[F] = 1.5$.
Nhận xét các kết quả tính lún và ổn định trong bảng tính 3 và 4:

- Các mặt cắt MC1, MC2, MC8, MC9, MC10 đại diện cho 5 đoạn có hệ số an toàn trượt mái ta luy là $K_{at} > 1.4$ và hệ số lún trôi $F_{lt} > 1.5$, nền đường ổn định khi đắp 1 giai đoạn đến chiều cao phòng lún H_f .

- Các mặt cắt còn lại có $K_{at} \leq 1.2$ và $F < 1.5$, nền đường có khả năng bị mất ổn định trượt mái và bị lún trôi khi đắp 1 giai đoạn đến H_f , do vậy cần có biện pháp xử lý khi xây dựng.

- Độ lún cố kết S_c của 11 mặt cắt nền đường thay đổi khá lớn từ 0.64m đến 1.19m và đều lớn hơn độ lún cố kết cho phép $[S_c] = 0.4m$, do vậy cần áp dụng các giải pháp xử lý nền để độ lún còn lại đảm bảo theo đúng yêu cầu.

Với các số liệu thu thập được, thông qua các tính toán thấy rằng: cần thiết phải có các giải pháp xử lý nền đường để đảm bảo các yêu cầu

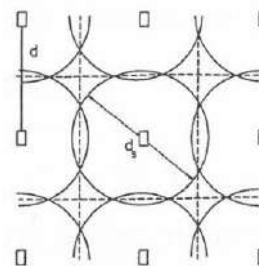
về ổn định trượt mái nền, ổn định lún trôi và đáp ứng các yêu cầu về độ lún cổ kết Sc.

3.3 Đề xuất giải pháp xử lý nền đường ven đê sông

Chiều cao đắp phòng lún trung bình của tuyến đường 4.1m, cục bộ có một đoạn cao 5.1m, chiều sâu nền đất yếu thay đổi từ 20m đến 30m nên kiến nghị xử lý nền đất yếu bằng biện pháp gia tăng cổ kết như: bắc thấm (PVD), giếng cát và hút chân không.

Sau khi phân tích ưu, nhược điểm, khả năng ứng dụng, thời gian cổ kết và chi phí xây dựng nền đường, thấy rằng giải pháp PVD là phù hợp đối với khu vực có nền đắp thấp: bắc thấm được cắm như những đường thấm đứng; có nhiều ưu điểm như sẵn có do chế tạo được, ít xáo động khi cắm, ít khả năng bị cắt dòng thấm và nhiều kinh nghiệm thi công; thời gian cổ kết lâu; chi phí thấp; tuy vậy PVD có nhược điểm là có khả năng bị uốn khi lún lớn hoặc trong lớp đất yếu sâu và khả năng chống trượt của mái taluy thấp.

Do vậy, nghiên cứu sơ bộ đề xuất giải pháp bắc thấm đứng để xử lý nền đường và kết hợp rải vải địa kỹ thuật gia cường để chống trượt: chiều sâu xử lý bằng bắc thấm là 20m, bắc thấm được bố trí theo hình vuông khoảng cách từ 1.1 đến 1.2m.



Hình 5: Sơ đồ bố trí mạng lưới bắc thấm hình vuông [3]

4. KẾT LUẬN

Bài báo giới thiệu sơ bộ hiện trạng xây dựng các tuyến đường giao thông kết hợp các hệ thống đê sông và các hư hỏng sự cố tuyến đường trong đó lún, nứt là các sự cố chiếm tỷ trọng lớn nhất. Nghiên cứu đã xây dựng bài toán tính lún cổ kết trên tuyến đường ven cơ đê, kiểm tra ổn định trượt mái nền đắp và lún trôi nền đường, đánh giá an toàn công trình phụ trợ để có các kết luận an toàn tuyến đường và đề xuất giải pháp xử lý nền. Ứng dụng mô hình tính toán và các số liệu thu thập được từ tuyến đường ven đê tả Sông Cẩm, nghiên cứu đã kiểm tra ổn định tường chắn đất tiếp giáp đường, tìm độ cao phòng lún, tính mức lún cổ kết và kiểm tra ổn định nền đường tại 11 mặt cắt đại diện cho 6.63km đường đê. Trên cơ sở các nhận xét về mức lún, mức an toàn của tuyến đường, nghiên cứu đề xuất giải pháp dùng bắc thấm đứng kết hợp rải vải địa kỹ thuật gia cường để đảm bảo an toàn trên toàn tuyến. Nội dung bài báo là tài liệu tham khảo cho công tác thiết kế, thi công, nâng cấp sửa chữa và quản lý vận hành an toàn các tuyến đường ven đê sông ở Việt Nam.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Phùng Vĩnh An và nnk, Nghiên cứu đề xuất kết cấu mặt cắt giao thông đường bộ hợp lý trên đê sông đoạn qua khu vực đô thị, Tạp chí khoa học và công nghệ thủy lợi số 70 - 2022.
- [2] Web báo Lao Động, Hai tuyến đê xung yếu ở Hà Nội lún, nứt ngày càng mở rộng, là sự cố nghiêm trọng. Cường Ngô, năm 2025.
- [3] TCVN 9355 (2013), Gia cố nền đất yếu bằng bắc thấm - **Thiết kế, Thi công và** Nghiệm thu
- [4] Nguyễn Quang Chiêu (2010), Thiết kế và thi công nền đắp trên đất yếu, NXB Xây dựng
- [5] Nguyễn Uyên (2013), Xử lý nền đất yếu trong xây dựng, NXB Xây dựng.

- [6] Nguyễn Văn Mạo và nnk (2013), Giới thiệu và cơ sở thiết kế công trình thủy lợi. Nhà xuất bản Xây Dựng, Hà Nội.
- [7] Liên danh tư vấn thiết kế (2020), Công ty TNHH Tư vấn Trường Đại học Thủy Lợi, Công ty CP tư vấn đường cao tốc Việt Nam, Công ty CP tư vấn xây dựng T&D Việt Nam, Dự án ĐTXD tuyến đê tả sông Cẩm đoạn từ km25+000 đến km31+741 tại huyện Thủy Nguyên.